推进由智能电表构建的配网主动抢修系统新产业的开发探索

张春晖[1]　张震[2]

（1．国 网 山 东 省 电 力 公 司 ， 山东 济南 250001；2．华能济南黄台发电有限公司，山东 济南 250100）

摘　要：该文本主要探讨了智能电表在配电领域的应用和潜力，以及两种不同的配网主动抢修技术方案。文章介绍了智能电表在配电领域的应用和潜力。自 2017 年以来，虽然智能电表在基本市场的需求不旺，但其在智能配网大规模建设改造中有着广阔的应用前景，包括配网综合指标运营水准的监测与优化、配网抢修由被动变主动、配网高电能质量的监测与控制等新兴产业。文章探讨了两种不同的配网主动抢修技术方案。第一种是苏州供电公司基于新型智能电表的配网主动抢修系统。该系统通过学习借鉴澳大利亚 Jemena 公司的“Last Gasp”功能理念，实现了智能电表在停电后能够主动上传停电信息的功能。抢修系统层面则通过配网统一营配数据模型和贪婪算法，快速响应并分析出停电范围。在苏州市吴江区北联村的试点中，该系统大大提高了抢修质量和效率，从用户停电到接收到停电故障信息仅需 1 分钟，抢修人员 10 分钟内即可恢复用户用电。第二种是江苏电力研发的末端电网智能感知系统。该系统通过监测用户电表后端电压数据的变化，能够提前感知停电状态并精确到户，实现末端电网实时监测。当用户停电时，异常数据会通过拓扑关系逐级传送至分支箱和配变，配网工作人员在 30 秒内就能知晓失电的用户，而无需逐户排查。综上所述，智能电表在配电领域具有广泛的应用前景和巨大的潜力。通过引进和探索新的技术方案，如基于新型智能电表的配网主动抢修系统和末端电网智能感知系统，可以大幅提高配网的运行效率和可靠性，为用户提供更好的供电服务。

关键词：智能电表　主动抢修系统　配电领域

中图分类号：TM933.4

Promote the development and exploration of new industries such as distribution network active repair systems built by smart meters

ZHANG Chunhui[1]　ZHANG Zhen[2]

(1. .State Grid Shandong Electric Power Company,Jinan , Shandong 250001 , China;2.Huaneng Jinan Huangtai Power Generation Co. , Ltd. , Jinan , shandong 250100 , China)

Abstract: This article mainly discusses the application and potential of smart meters in the field of power distribution, as well as two different technical solutions for active repair of distribution networks. The article describes the application and potential of smart meters in the field of power distribution. Since 2017, although the demand for smart meters in the

basic market is not strong, it has broad application prospects in the large-scale construction and transformation of intelligent distribution networks, including the monitoring and optimization of the operation level of comprehensive indicators of distribution networks, the emergency repair of distribution networks from passive to active, and the monitoring and control of high power quality of distribution networks. This paper discusses two different technical solutions for active repair of distribution networks. The first is the Suzhou Power Supply Company's distribution network active repair system based on new smart meters. The system learns from the "Last Gasp" function concept of Jemena in Australia to realize the function of the smart meter to actively upload power outage information after a power outage. At the level of the emergency repair system, the distribution network unified distribution data model and greedy algorithm are used to quickly respond and analyze the scope of power outages. In the pilot project of Beilian Village, Wujiang District, Suzhou City, the system has greatly improved the quality and efficiency of emergency repair, and it only takes 1 minute from the user's power outage to receiving the power outage fault information, and the emergency repair personnel can restore the user's electricity within 10 minutes. The second is the terminal power grid intelligent perception system developed by Jiangsu Electric Power. By monitoring the changes in the voltage data at the back end of the user's meter, the system can sense the power outage status in advance and accurately reach the household, so as to realize the real-time monitoring of the terminal power grid. When a user loses power, the abnormal data will be transmitted to the branch box and distribution transformer step by step through the topological relationship, and the distribution network staff can know the user who has lost power within 30 seconds, without the need to check from house to house. To sum up, smart meters have a wide range of application prospects and great potential in the field of power distribution. By introducing and exploring new technical solutions, such as the distribution network active repair system based on new smart meters and the terminal power grid intelligent perception system, the operation efficiency and reliability of the distribution network can be greatly improved, and users can be provided with better power supply services.

Key words:Smart meters Proactive repair system Power distribution field

0 引言

从 2017 年以来，国网计费用智能电表基本市场的需求不旺，电表企业都在转型，开拓多元化新产业。但是，很少有扩大智能电表在配电领域规模化应用的探索。

进入 2018 年前后，国家电网报相继报道:

一则，（国网）公司首个基于新型智能电表的配网主动抢修系统在苏州成功试点。

二则，江苏电力研发末端电网智能感知系统，实现低压停电故障实时精确研判、主动运维和及时抢修。

三则，山西太原供电公司:居民户停电信息主动上报。

由此，给本文作者新的启示:智能电表除了专门用于电力贸易结算，在智能配网大规模建设改造中，将有广阔的应用前景，包括配网综合指标运营水准的监测与优化、配网抢修由被动变主动、配网高电能质量的监测与控制等新兴产业。

本文重点叙述推进由智能电表构建的配网主动抢修系统新产业的开发探索。

1、主动配电网技术的另类研究

目前，电力用户遭受的停电时间，95%以上是由于配电系统原因造成的（扣除发电不足的原因）。城市中压（10kV）用户供电可靠性指标:对中心城区，累计平均停电时间为 9h/年•户；对郊区，为 18h/年•户。随着用户高、精、尖产业用电需求的增长与智能配电网建设的推进，用户供电可靠性指标的要求，还将进一步提高。

以往，配网故障采用被动抢修方式:用户报修，调派人员，现场勘察、排查原因，实施抢修，这是传统的抢修流程。其缺点是被动等待，流程繁锁，模糊出击，导致抢修精度低，质量和效率不高。苏州供电公司引进探索供电抢修由被动应对向主动服务转变，大幅降低用户停电时间，有效提高供电可靠性。

近几年，主动配电网是个热点名词，是智能配电网的经典网络，国网正在合作研究”主动配电网运行关键技术研究与示范”项目。

主动配电网主动在哪里？

主动配电网是内部具有分布式或分散式能源，具有控制和运行能力的配电网，其特点是需求与发生快速变化，具有可控可测的网架结构，可以监测到主网、配网和用户侧的负荷和分布式电源的运行情况，再利用态势感知技术预测其发展态势，提出优化控制策略，实施有效的控制措施。

可见，目前的主动配电网技术研究，重点研究配网运行方面的关键技术。这次，苏州供电公司引进探索由智能电表构建的配网主动抢修系统，则是配网停电故障的维修技术，应该说是主动配电网技术研究的另类，是配电网更是智能配电网技术研究的新课题。

2、配网主动抢修技术两类不同方案

1）方案一:　苏州供电公司”基于新型智能电表的配网主动抢修系统”

据报道:

—概述

2017 年，苏州供电公司与澳大利亚 Jemena 公司开展配网资产的国际对标活动。苏州供电公司通过学习借鉴 Jemena 公司智能电表的”Last　Gasp”功能理念，精确地进行配网资产国际对标首个成果项目实践:基于新型智能电表的配网主动抢修系统。该项目在实施过程中，先后破解了许多技术难题。

—停电信息的感知:现有的智能电表技术，停电后电表不能上传停电信息

苏州供电公司联合电表生产厂家针对停电信息如何上传的方案进行反复论证和实验求证，最终确定在电能表本地模块上增加超级电容的设计；同时，增加微功率无线通信模块，使表计通过宽带电力线载波与微功率无线双模通信方式，主动地实现将停电信息经采集终端、用电采集系统主站发送至供电服务指挥平台。

—抢修系统层面:供电服务指挥平台接收到现场停电信息后，如何快速响应并分析出停电范围？

通过配网统一营配数据模型，基于监测用户设备在用电采集档案以及结合供电生产管理（PMS2.0）单线图自动生成的拓扑结构，在接收到停电信息后，采用贪婪算法迅速分析出停电范围，并经过反复高并发压力测试，确保每条停电信息 10 秒钟内分析存档完毕，并生成主动工单实时发送至配网抢修人员的掌机。

—试点

在苏州市吴江区北联村的试点中，从用户停电到接收到停电故障信息，不用 1 分钟，配网抢修人员已经到停电现场。经过现场判断处理，不到 10 分钟，用户就恢复了用电。应该说，这是传统配网抢修模式的改变，抢修环节得到合理的缩减，大幅提高抢修质量和效率。

现在的北联村，通过提前发现和消除 80%的中性点故障隐患和低压线路断线故障，每年户平均停电时间可从 82 分钟下降到 55 分钟。

2）方案二:江苏电力”研发末端电网智能感知系统”

据报道:

—概述

目前智能电表在用户失电时，仅对停电事件做记录，复电后统一上报停电、复电事件，所以无法在第一时间开展配网主动抢修。

江苏电力在国网公司系统率先试点建设末端电网智能感知系统:用户停电，其电表后端电压数据突然下降，异常数据通过拓扑关系逐级传送至分支箱和配变，配网工作人员在 30 秒内就知晓失电的用户，而无需逐户排查。就是说，提前感知停电状态并精确到户，实现末端电网实时监测。

—停电信息感知系统

该系统基于完善台区配变的拓扑关系:在配变侧安装主端设备，在分支箱、电表箱安装从端设备，并利用宽带电力线载波通信，实现配变、分支箱、电表箱的数据逐级传输，由用电采集系统获取配变、分支箱及具体用户电能表的电流电压等数据，及时感知配电设备的状态。
该系统在从端设备增加数据测量和转存功能，实现试点台区从端设备每隔 5 分钟、电表每隔 15 分钟更新一次数据，保障数据监测的实时、高效和准确。

末端电网的主动、快速感知，配网可以实现主动运维和及时抢修。

—末端电网感知系统的多功能应用

该系统可以通过分析分支箱、电表箱的电流电压变化情况，了解末端供电线路阻抗变化，判断线路是否存在老化、接地等问题，在线监测低压线路运行状态，为低压电网主动运维提供依据。
还可以计算分支、表箱的线损，辅助营销人员分析线损和诊断表计误差。

—试点

2017 年 12 月 6 日下午，南京市万慧城小区某用户的电表箱出线开关失电，南京供电营销采集管理中心根据末端电网感知系统的停电信息，立即通知浦西采集运维部门人员赶赴现场核实，在该用户户主下班到家前，就修复故障、恢复了供电。
事后，户主才从邻居处知晓家中发生停电抢修的情况。

3）方案一的类同实例： 太原供电公司”实现居民户停电信息主动上报”

据报道:

—概述

太原供电公司的”居民户表停电信息主动上报”项目，是国网公司统一组织试点项目之一。目前，太原供电公司已经在两个配变台区的 314 户居民电表完成停云事件信息主动上报的搭建和测试工作。

—停电信息感知系统

该系统是通过户表中加装带有超级电容的抄表模块，在原有的窄带载波或宽带载波的用电信息采集方式基础上，增加了微功率无线通信技术，与供电地理信息系统、用电信息采集系统等进行信息交互，可以第一时间精确定位故障点并获得出现停电事件的用户信息，同时，还具备台区下全表计 96 点电量曲线、瞬时量曲线、户表分相等功能。

—试点

2018 年 1 月 2 日，太原供电公司计量人员在体育路现场进行户表停电事件信息主动上报项目的试验:当居民家中电表停电时，用电信息采集系统主站在 3 分钟内自动感知到停电信息，并在后台监控平台显示发生停电故障的具体位置、台区名称、表箱条码、电表号、用户名称等信息。

—该实例与方案一的比较:太原供电公司的”居民户停电信息主动上报”项目，其主要特点是加装超级电容和微功率无线通信模块，停电信息由用电信息采集系统发送至系统主站，构成了该实例的方案，与方案一:苏州供电公司”基于新型智能电表的配网主动抢修系统”中停电信息感知技术路线基本相同；两者不同的是:该实例的方案未提出配网主动抢修系统层面的设计路线。

4）两类不同方案的选优与推广的建议

以上苏州供电公司”基于新型智能电表的配网主动抢修系统”（方案一）、江苏电力”研发末端电网智能感知系统”（方案二）都是国网公司统一安排的配网主动抢修系统研究的新项目，估计由国网科技/计量/供电生产部门分别立项后安排实施。两个项目的开发目标一致，但走的技术路线不同。

本文对配网主动抢修系统整体性能的评估方法，提出以下意见:

—停电故障点位置的感知精确度:两类方案都能做到停电事件感知精确到户。

—停电事件感知技术路线与技术难度

•方案一:通过表计抄表模块加装超级电容，增加微功率无线通信模块，改进部分软件，停电事件信息经用电信息采集系统主站直接可以发送到配网供电服务指挥平台。可以说，方案一的技术路线简单，技术难度不大，改进工程量小，投资较少。

•方案二:通过完善台区配变的拓扑关系:在配变侧安装主端设备，在分支箱、电表箱安装从端设备，编制新的配变拓扑软件，停电事件信息经用电信息采集系统，并经分析逐级传输的电流电压数据的完整与缺失，系统主站可以及时感知配电设备的运行状态。可见，方案二的技术路线较为复杂，技术有难度，改进工程量较大，投资较多。

—停电事件的感知时间

•方案一:10 秒钟，每条停电信息分析存档完毕，并生成主动工单发至配网抢修人员。

•方案二:30 秒钟，配网抢修人员知晓停电的用户。

—配网主动抢修系统技术的完整性与成熟度

•方案一:苏州供电公司的基于新型智能电表的配网主动抢修系统是在引进澳大利亚 Jemena 公司技术的基础上，结合本地电网的情况，提出现有智能电表技术改进和配网主动抢修技术方案，因此，方案一的系统设计完整，配网主动抢修技术成熟。

•方案二:江苏电力的末端电网智能感知系统是停电事件信息上报的创新项目，刚刚起步，需要后续进行大量的系统设计与技术论证工作，而且，配网主动抢修系统技术沿接方案尚不明朗。

—综合以上分析，鉴于苏州供电公司方案一的特点:停电事件感知的精度到户，技术线路简单，停电事件感知时间短，智能电表技术改进难度不大、相对工程量较小，需用投资较少，因此，本文作者建议在国内采用由智能电表构建的配网主动抢修系统技术方案，并推进产业化的开发探索。

3、由智能电表构建的配网主动抢修系统产业化的开发应用前景

1）配网主动抢修系统开发应用是推进智能配网建设的关键技术课题

—智能配网建设是 2018 年国网的重点工程。长期以来，国网的配网建设欠账太多:配网网架不合理、自动化水准不高、低压电网故障抢修都是被动式，很不适应坚强智能电网与能源互联网发展的需求。进入 2018 年，国网配电设备需求招标量大幅增长，扩大智能电表在配网工程的应用，电表企业将有机遇进入配网新市场。

—配网供电可靠性是配网运营首要指标。配网主动抢修系统的开发研究，大幅降低低压电网用户停电累计时间，适应提高配网运行高质量的迫切需要

—居民用户停电事件不能及时上报，是配网高可靠性运行的短板，如何解决是道难题。因此，研发停电事件主动上报功能是配网抢修技术的创新项目。

—由智能电表构建的配网主动抢修系统，在现有两类技术方案中，具有较多的优势。可见，智能电表除主要用于计费，扩大融入配网工程应用，前景看好。

2）市场需求容量与融资问题

—市场需求容量

由智能电表构建的配网主动抢修系统建设面向上亿户家庭的用电需求。据 2017 年底统计，国网供电营业区拥有用户 4.5 户。作为第一步，先满足城镇配网主动抢修系统建设的需求。这些用户占国网用户总量的 50%（2.25 亿户）。每户城镇居民表计的技术改进，需用资金约 60 元。国网配网主动抢修系统用在智能电表上的投资，合计约 135 亿元。如系统建设周期为 8 年，国网每年智能电表投资约 17 亿元。配网改进工程费用另计算。

—融资渠道

回顾 2010---2017 年期间，智能电表应用与用电信息采集系统建设的投资，估计是由国网营销/计量部门立项申报、批准，工程投资很有限，平均年投资约 125 亿元。2018 年起，如由智能电表构建的配网主动抢修系统开发项目推广应用，其资金来源，估计要由国网供电生产管理部门立项申报、批准。近几年，国网智能配网建设投资大幅增加，年投资约 1600 亿元。相对来说，扩大智能电表应用于配网工程投资批准的可能性要大得多，估计省、地（市）、县级电网对该项目都能看好。

3）电表企业需要做的工作

—首先，对现有智能电表进行技术改进，提出需用模块设计方案，满足停电事件信息主动上报功能。

—熟知配网主动抢修系统工作流程、技术规范，提出配网主动抢修模块设计方案。由于配变拓扑结构差别很大，该抢修模块软件要便于修改。

—主动与有联系的省、地（市）、县级电网进行新项目技术与市场的沟通，争取配网主动抢修系统项目合作开发应用。

—组织技术力量，扩大智能电表应用于配网工程的其它项目，包括配网综合指标运营水准的监测与优化、配网高电能质量的监测与控制项目，进行前期可行性研究。

参考文献

[1] 本报记者 黄蕾 通讯员 黄飞英 让配网抢修更智能高效 《国家电网报》- 2018-02-06

[2] 陈霄 周瑾 何劼 国网江苏电力研发末端电网智能感知系统《国家电网报》- 2017-12-12

作者简介： 张春晖 男，(1938-)， 从事电能计量技术研究。

通讯作者： 张震 男，(1977-)， 从事电能计量技术研究 721047546@qq.com